

Markov 從屬 生産 工程에서의 經濟的 샘플링 檢査 計劃

Economic Sampling Inspection Plan for Markov Dependent Production Processes

劉 征 相*
黃 義 徹**

ABSTRACT

Often in a production process, the quality of items is serially dependent. We assume that the quality of items is an attribute which can be classified as good or bad with a Markovian dependence structure.

In order to determine sampling inspection plan characteristics such as total inspection cost and average outgoing quality, we design an economic model and illustrate an efficient procedure for design of best inspection plan using graphs based on numerical calculations.

* 漢陽大學校 大學院 産業工學科
** 漢陽大學校 産業工學科 教授

1. 서 론

샘플링 검사는 통계적 사고방식, 개념 또는 산업계 환경 변화에 따라 각각 특색 및 조건을 갖는 여러 형태의 검사방식이 통계적 이론에 근거를 두고 개발되었고 이들은 다시 수정, 정리 또는 통합되어 현재에 이르고 있다. 각 샘플링 검사의 조건, 특색, 개념, 절차등을 정확히 파악하여 검사의 목적, 성질등을 고려하여 가장 경제적인 검사방법을 선택하여 이것을 실제로 적용하는 것은 아주 중요한 것이다.[1]

본 연구는 Markov 종속생산공정에서 i 번째 제품이 불량일 확률 p_i 에 따른 합격확률(Pa)과 로트당 총 검사비용 그리고 AOQ를 고려하여 1회 선별형 샘플링 검사계획의 모형을 설정하고, 관리목표에 가장 부합하는 n 과 c 를 결정하기 위한 최적 샘플링검사방법의 설계에 관한 연구이다.

2. 본 론

기존의 독립 품질 공정에서는 i 번째 제품이 불량일 확률 p_i 는, 즉 $p_i = Pr\{X_i=1\}$, i 에 관계없이 일정하고 독립이라고 보았는데, 이 연구에서는 p_i 는 i 에 따라 변하며 다른 것과 순차적으로 서로 종속인 경우를 고려한다.

p_i 가 종속적인 경우에는 n 개의 표본 중에서 어느 것이 불량인가 하는 모든 경우를 고려해서 Pa 를 계산해야 하기 때문에 $\{\sum_{y=0}^c (\frac{n}{y})\}$ 만큼의 경우의 숫자를 고려해야만 하나의 p_i 값을 계산할 수 있다. 이것은 n 과 c 가 큰 경우에는 많은 계산을 필요로하기 때문에 실제 적용이 어렵다. 따라서 Monte Carlo 시뮬레이션을 통

해서 Pa 값을 구하는 것이 효율적인 방법이다 [7].

여기서 구한 Pa 값을 근거로 하여 로트의 총 검사비용 함수 $f_1(n, c)$ 와 평균출검품질 함수인 $f_2(n, c)$ 에 관한 수리적 모형을 설정해 보자.

Markov chain 종속 생산 공정은 p 와 Γ 에 의해 정의되는데 p 는 불량률이며, Γ 는 serial correlation으로써 ϕ 와 θ 로 표시된다[5]

$$\Gamma = \frac{(1 + \theta\phi)(\phi + \theta)}{1 + \theta^2 + 2\phi\theta}$$

이 process는 다음의 transition matrix로 표시된다[4].

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} \\ P_{10} & P_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-a & a \\ b & 1-b \end{bmatrix}$$

($1 \geq a, b \geq 0$)

다음은 샘플링 검사에서 사용되는 용어 및 비용요소들의 정의이다.

p_i : i 번째 제품이 불량품일 확률

P_a : 로트의 합격확률

n : 샘플의 크기

c : 합격 판정 갯수

N : 로트의 크기

c_0 : 단위 표본 조사 비용

c_1 : 불량품 수리 및 교체 비용

c_p : Penalty 비용

$f_1(n, c)$: 로트당 평균 총 검사비용 함수

$f_2(n, c)$: 검사가 끝난 후에 합격된 로트들의 평균출검품질(AOQ)을 나타내는 함수

2. 1 총 검사비용

종속성을 고려한 1회 선별형 샘플링 검사에서 로트당 평균 총 검사비용은 다음의 요소들로 구성되어진다.

- c_s : 단위 표본 조사비용 - 한개의 표본을 조사할 때 발생하는 제반 비용을 나타낸다.
- c_r : 불량품 처리비용 - 불량품을 교체하거나 수리를 하여 양품으로 바꾸는데 드는 비용
- c_p : Penalty 비용 - 로트가 기각될 때 부여되는 계약상의 벌칙금이며, 나머지 제품들을 전수검사할 때 들어가는 부대비용도 포함된다.

이러한 비용요소를 근거로 평균 검사비용 함수를 $f_1(n, c)$ 라고 하면 다음과 같이 표시된다.

$$f_1(n, c) = nc_s + \sum_{i=1}^n p_i c_r + (1-P_a) c_p + (1-P_a) \sum_{i=n+1}^n p_i c_r + (1-P_a)(N-n)c_s$$

다음은 위의 총검사 비용함수의 각 요소에 대한 설명이다.

nc_s = 샘플 검사비용

$\sum_{i=1}^n p_i c_r$ = 샘플에서 발견된 불량품의 교체 비용 및 수리비용

$(1-P_a)c_p$ = 로트가 기각되어서 발생한 Penalty 비용

$(1-P_a) \sum_{i=n+1}^n p_i c_r$ = 로트가 기각된 경우 나

머지 제품 검사시에 발견된 불량품의 총 교체 및 수리비용

$(1-P_a)(N-n)c_s$ = 로트가 기각된 경우의 표본이외의 나머지 제품 검사비용

위의 $f_1(n, c)$ 수식은 기존의 경제적 모델 [3, 8]과 비교할때 p_i 가 종속되므로 i 에 따라 비용 구성 요소가 변한다는 점과 로트가 기각된 경우 Penalty 비용을 포함한 점이 다르다.

2. 2 평균출검품질

일반적으로 경제적 모델에서 비용함수와 함께 고려되는 함수가 검사후 로트의 품질 함수이다. 선별형 샘플링 검사에서는 불합격된 로트에 대해서는 전수검사를 실시하여 불량품과 양품을 선별하게 된다. 따라서 검사 전 로트의 불량품과 검사후 로트의 불량률이 서로 다르게 되는데, 이 때 검사 후 로트의 평균불량률을 평균 출검품질(AOQ)이라 한다 [2]. AOQ는 검사전 공정 불량률 p_i 의 함수로서 표시 할 수 있다.

검사가 끝난 로트에 포함되어 있을 기대 불량률((AOQ)을 $f_2(n, c)$ 로 표시하면 다음과 같다.

$$f_2(n, c) = \frac{P_a \sum_{i=n+1}^N p_i}{N}$$

AOQ의 최대값은 AOQL이라 하는데 최악의 경우에도 로트의 평균 출검 품질이 AOQL보다는 나쁘지 않다는 것을 의미한다.

일반적인 AOQL 보증 선별형 샘플링 검사는 제품을 동일한 공급자로 부터 연속적으로 조달하는 경우와 공정 사이에서 반제품을 주고 받는

경우 등에 적합하며 평균품질을 보증하는 방식이다.

본 연구에서 고려되는 모델의 특징은 위의 두 식 $f_1(n, c)$ 와 $f_2(n, c)$ 는 p_i 가 임의적이라서 시물레이션으로도 나타날 수 있고 어떤 함수식으로 나타날 수도 있다. $f_1(n, c)$ 와 $f_2(n, c)$ 는 일반적으로 서로 상치되고 있는데, 관리의 최우선 목표가 주어질 때 (f_1 이나 f_2 중에 하나가 제약식이 될 때) 가능한 한 목적함수를 최소화 시키는 그러한 (n^*, c^*)를 구하는 것이 본 경제적 모델의 목적이다.

이것을 수리모델로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & f_1(n, c) \\ \text{subject to} \quad & f_2(n, c) \leq Q \\ & 0 \leq c \leq n \leq N \end{aligned}$$

또는,

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & f_2(n, c) \\ \text{subject to} \quad & f_1(n, c) \leq C \\ & 0 \leq c \leq n \leq N \end{aligned}$$

2.3 구조분석 및 해법 개발

이 절에서는 앞의 기본적인 수리모델을 현실에 맞추어서 교정하고, 또한 수리적인 형태를 연구하여서 문제의 해를 효율적으로 구하는 방법을 찾는 것이다. 즉, 수리적 문제의 구조분석은 n 과 c 의 변화 (개별적으로 변하든, 동시에 변하든)에 따라 어떻게 두 평가기준 함수 $f_1(n, c)$ 와 $f_2(n, c)$ 가 변화하는가를 조사하고, 이것을 통해서 구해진 구조적인 특징을 이용한 해법 개발의 방법을 연구한다.

두 평가 기준함수 $f_1(n, c)$, $f_2(n, c)$ 의 특성

을 알아보기 위해서 먼저 Pa 가 n 과 c 의 변화에 따라 어떻게 변하는가를 조사한다.

1) Pa 의 규명

$$C_i = \sum_{l=1}^i X_l : \text{item } i \text{를 통해 발견된 불량품의 누적합계} \\ (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\begin{aligned} r_{n,c+1} &= Pr [c_n \geq c + 1] \dots\dots \langle \text{기각 확률} \rangle \\ Pa = \delta_{n,c} &= Pr [c_n \leq c] \dots \langle \text{합격 확률} \rangle \\ \text{즉, } r_{n,c+1} &= 1 - \delta_{n,c} \end{aligned}$$

Lemma (a)

$$\begin{aligned} r_{i+1,j} &\geq r_{ij}, \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N-1 \\ & \quad j = 1, 2, \dots, i \\ \delta_{n+1,c} &\leq \delta_{n,c}, \quad \text{for } n = 1, 2, \dots, N-1 \\ & \quad c = 1, 2, \dots, i \end{aligned}$$

Lemma (b)

$$\begin{aligned} r_{i,j+1} &\leq r_{ij}, \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N \\ & \quad j = 0, 1, 2, \dots, i-1 \\ \delta_{n,c+1} &\delta_{n,c}, \quad \text{for } n = 1, 2, \dots, N \\ & \quad c = 0, 1, 2, \dots, i-1 \end{aligned}$$

Lemma (a), (b)로 부터 Pa 는 다음의 특성을 갖는다는 것을 알 수 있다.

- (a)로 부터 합격 확률 Pa 는 n 이 증가할 때 감소한다.
- (b)로 부터 합격 확률 Pa 는 c 가 증가할 때 증가한다.

2) $f_1(n, c)$ 함수의 특성

Theorem I :

- (a) $f_1(n, c)$ 는 n 이 증가할 때 단조증가

한다.

(b) $f_1(n, c)$ 는 c 가 증가할 때 단조감소한다.

$$- r_{n,c} p_{n+1} c_r \dots\dots\dots \textcircled{4}'$$

$$+ p_{n+1} c_r \dots\dots\dots \textcircled{5}'$$

Theorem I의 (a) 증명

$$\begin{aligned} \Delta f_1(n) &= f_1(n+1, c) - f_1(n, c) \\ &= (n+1)c_s + r_{n+1,c}c_p \\ &\quad + r_{n+1,c} \sum_{i=n+2}^N p_i c_r \\ &\quad + r_{n+1,c}(N-n-1)c_s \\ &\quad + \sum_{i=1}^{n+1} p_i c_r - \{nc_s + r_{n,c}c_p \\ &\quad + r_{n,c} \sum_{i=n+1}^N p_i c_r + r_{n,c}(N-n)c_s \\ &\quad + \sum_{i=1}^n p_i c_r\} \\ &= c_s \dots\dots\dots \textcircled{1} \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c})c_p \dots\dots \textcircled{2} \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c}) \sum_{i=n+2}^N p_i c_r \\ &\quad - r_{n,c} p_{n+1} c_r \dots\dots\dots \textcircled{3} \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c})(N-n-1)c_s \\ &\quad - r_{n,c} c_s \dots\dots\dots \textcircled{4} \\ &\quad + \sum_{i=1}^{n+1} p_i c_r - \sum_{i=1}^n p_i c_r \dots\dots \textcircled{5} \\ &= (1-r_{n,c})c_s \dots\dots\dots \textcircled{1}' \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c})c_p \dots\dots \textcircled{2}' \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c})(N-n-1)c_s \\ &\quad \dots\dots\dots \textcircled{3}' \\ &\quad + (r_{n+1,c} - r_{n,c}) \sum_{i=n+2}^N p_i c_r \end{aligned}$$

여기서 ①', ②', ③' > 0 이다.

⇒ ④' 와 ⑤' 에서

$$\begin{aligned} &(r_{n+1,c} - r_{n,c}) \sum_{i=n+2}^N p_i c_r \\ &\quad + (1 - r_{n,c}) p_{n+1} c_r > 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \Delta f_1 > 0$$

∴ $f_1(n, c)$ 는 n 에 대해 단조 증가함수 이다.

Theorem I의 (b) 증명

$$\begin{aligned} \Delta f_1(c) &= f_1(n, c+1) - f_1(n, c) \\ &= (nc_s + r_{n,c+1}c_p \sum_{i=1}^n p_i c_r \\ &\quad + r_{n,c+1} \sum_{i=n+1}^N p_i c_r \\ &\quad + r_{n,c+1}(N-n)c_s) \\ &\quad - \{nc_s + r_{n,c}c_p + \sum_{i=1}^n p_i c_r \\ &\quad + r_{n,c} \sum_{i=n+1}^N p_i c_r + r_{n,c}(N-n)c_s\} \\ &= (r_{n,c+1} - r_{n,c}) \sum_{i=n+1}^N p_i c_r \\ &\quad + (r_{n,c+1} - r_{n,c})(N-n)c_s < 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \Delta f_1(c) < 0 (\because r_{n,c+1} \leq r_{n,c})$$

∴ $f_1(n, c)$ 는 c 에 대해 단조 증가함수 이다.

3) $f_2(n, c)$ 함수의 특성

Theorem II :

- (a) $f_2(n, c)$ 는 n 이 증가할 때 단조감소한다.
- (b) $f_2(n, c)$ 는 c 가 증가할 때 단조증가한다.

Theorem II 의 (a) 증명

$$\begin{aligned} \Delta f_2(n) &= f_2(n+1, c) - f_2(n, c) \\ &= \frac{\delta_{n+1,c} \sum_{i=n+2}^N p_i}{N} - \frac{\delta_{n,c} \sum_{i=n+1}^N p_i}{N} \\ &= \frac{\delta_{n+1,c} \sum_{i=n+2}^N p_i}{N} \\ &\quad - \left(\frac{\delta_{n,c} \sum_{i=n+2}^N p_i}{N} + \frac{\delta_{n,c} p_{n+1}}{N} \right) \\ &= \frac{(\delta_{n+1,c} - \delta_{n,c}) \sum_{i=n+2}^N p_i}{N} \\ &\quad - \frac{r_{n,c} p_{n+1}}{N} < 0 \end{aligned}$$

- ∴ $\Delta f_2(n) < 0$
- ∴ $f_2(n, c)$ 는 n 에 대해 단조감소함수이다.

Theorem II 의 (b) 증명

$$\begin{aligned} \Delta f_2(c) &= f_2(n, c+1) - f_2(n, c) \\ &= \frac{\delta_{n,c+1} \sum_{i=n+1}^N p_i}{N} - \frac{\delta_{n,c} \sum_{i=n+1}^N p_i}{N} \\ &= \frac{(\delta_{n,c+1} - \delta_{n,c}) \sum_{i=n+1}^N p_i}{N} > 0 \end{aligned}$$

- ∴ $\Delta f_2(c) > 0$
- ∴ $f_2(n, c)$ 는 c 에 대해 단조증가함수이다.

2.4 수리적 모델과 구조

총 비용함수 $f_1(n, c)$ 와 평균출검품질 함수 $f_2(n, c)$ 를 이용한 수리적 모델은 n 과 c 가 자연수이므로 nonlinear integer programming 이 된다. 그런데 이 모델은 함수적 복잡성으로 인해 전통적인 방법으로는 해를 구하기가 힘들다. 그래서 $f_1(n, c)$ 와 $f_2(n, c)$ 함수의 특성을 이용하면 보다 효과적으로 해를 찾을 수가 있다.

추론 I : $f_2(n, c)$ 함수의 특성은

만약 $f_2(\bar{n}, \bar{c}) \leq Q$ 이면, $f_2(n, c) \leq Q$ 가 된다.

for $n \geq \bar{n}$ and $c \leq \bar{c}$

증명 :

Theorem II 를 이용하면,

$$f_2(\bar{n}+1, \bar{c}-1) \leq f_2(\bar{n}, \bar{c}-1)$$

$$\leq f_2(\bar{n}, \bar{c}) \leq Q \quad \text{Q.E.D}$$

추론 I로부터 만약 (n, c) 가 가능해이면, n 이 증가하든지 c 가 감소하면 그곳의 해 또한 가능해가 된다는 것이 확실하다. 그리고 n 이 증가하고 동시에 c 가 감소하면 역시 가능해가 된다.

$f_2(n, c)$ 함수의 구조는 Ravindran [6]이 보여준 모델에서와 같은 특성을 갖는다는 것을 알 수 있다.

위의 추론 I로부터 가능해 구역에서는 $f_2(n, c) \leq Q$ 가 된다는 것이 확실하게 증명된다.

다음은 수리모델의 예를 들어서 최적해를 구해보자.

$N = 300, C_s = 10, C_c = 300, c_p = 10000, n_{\max} = 20, p = 0.1, f_2(n, c) \leq 0.09$ 인 경우에 가능해 구역은 <그림 2-1>과 같이 나타난다.

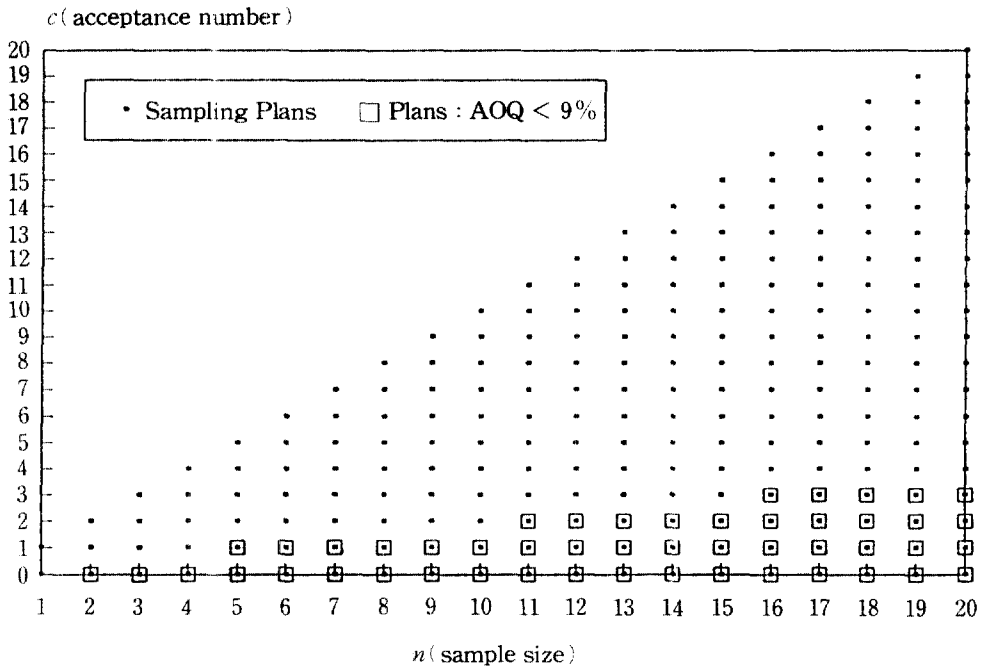
이들 가능해의 구역의 경계는 계단형의 가장자리로 나타난다는 것을 알 수 있다.

어떤 (n, c) 가 가능해일 때 $(n-1, c)$ 와 $(n, c+1)$ 이 불가능해가 되면, 이 (n, c) 를 corner plan이라고 하자.

$f_1(n, c)$ 와 $f_2(n, c)$ 는 대체로 서로 상충되기 때문에 최적해는 계단면의 끝 부분에 존재

하며 그곳이 바로 corner plan이 된다.

$f_1(n, c) \leq 0.09$ 라는 최우선 목표가 주어졌다 하자. 수리적 모델의 최적해는 $f_1(n, c)$ 를 최소화하는 것이 될 것이다. $f_2(n, c)$ 의 상한 값이 주어지면 corner plan은 (n, c) 가 되고 $(n-1, c)$ 나 $(n, c+1)$ 은 불가능해가 된다.



< 그림 2-1 > Feasible region when $f_2 < 9\%$

다음에 $f_1(n, c)$ 가 최우선 목표로 될 때를 보자.

$$f_1(n, c) \leq 3000$$

추론 I과 Theorem I에 의해 최적해는 앞의 예제와 유사하게 < 그림 2-2 >와 같이 나타난다.

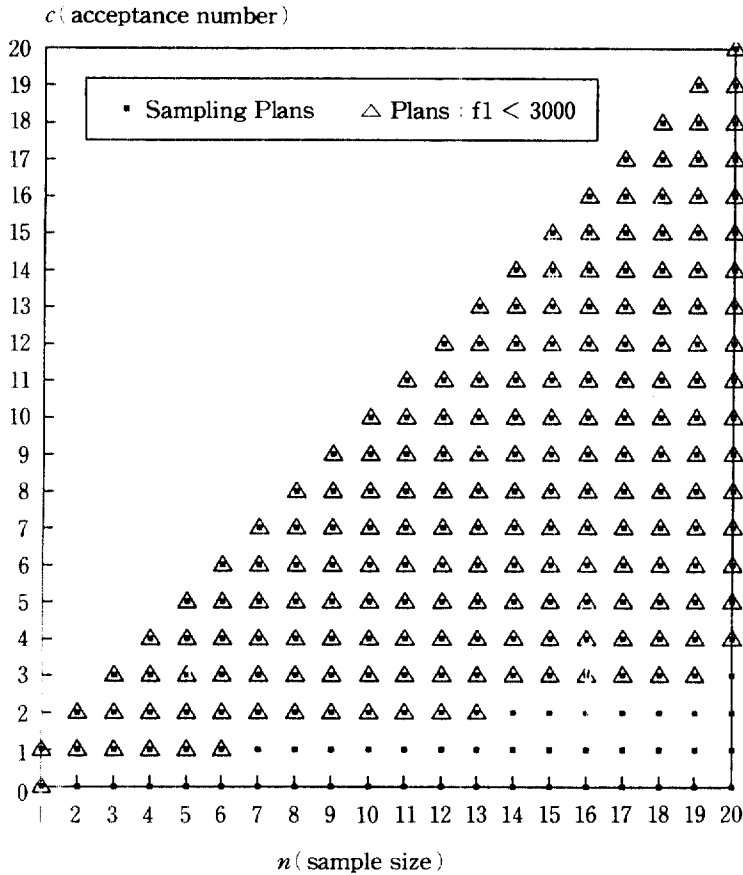
여기서도 corner plan (c, n) 은 가능해이고 $(c-1, n)$ 과 $(c, n+1)$ 은 불가능해가 된다는

것을 알 수 있다.

Theorem III : Global optimal solution은 항상 가능해 구역의 corner plans 중에 존재한다.

증명 :

만약 (n^*, c^*) 가 global minimum이면서 corner plan이 아니라고 하자. 그러면



< 그림 2-2 > Feasible region when $f_1 < 3000$

Theorem I 와 추론 I 에 의해서 n^* 을 감소하거나, c^* 를 증가하든지 또는 동시에 n^* 을 감소하고 c^* 를 증가시키면 corner plan에 도착할 수 있을 것이다. 그런데 $f_1(n, c)$ 는 위의 모든 경우에 대해 감소함수이다. 이는 Theorem I 에 위배된다.
 ∴ (n^*, c^*) 가 Global Optimum이면, 항상 corner plan이 된다.

위의 정리 III으로 부터 가능해 구역의 corner plans만 찾아 그 값이 그 중에서 가장 작은 값을 갖는 곳이 global solution이 된다.

다음은 수리모형의 예를 들어 Global solution을 찾는 방법을 보여주고 있다.

< Global solution을 찾는 알고리즘 >

해법 1 : $f_2(n, c)$ 제약식 일때

단계 1 :

(a) 초기값을 입력시킨다.

$$N, n_{max}, C_s, C_r, C_p, Q$$

(b) 초기해를 다음과 같이 결정한다.

$$(n^*, c^*) = (n_{\max}, 0)$$

만일 초기해가 불가능해이면 멈춘다.

$$(즉, f_2(n_{\max}, 0) > Q)$$

만일 가능해이면 $f_1(n^*, c^*) = f_1(n_{\max}, 0)$ 로 한다.

(c) 새로운 초기해를 $(\bar{n}, \bar{c}) = (1, 0)$ 으로 한다.

단계 2 :

(a) $f_2(\bar{n}, \bar{c})$ 를 시뮬레이션에서 결정하고, 가능해인지를 확인한다. 만일 가능해이면 (즉, $f_2(\bar{n}, \bar{c}) \leq Q$), $f_1(\bar{n}, \bar{c})$ 를 시뮬레이션으로 계산해서 최적해를 갱신하고 단계 3(a)로 간다.

(b) 만일 불가능해이면 \bar{n} 를 1개 증가시킨다.

$$즉, \bar{n} \leftarrow \bar{n} + 1$$

(c) 만일 \bar{n} 가 n_{\max} 보다 크면 멈추고 현재의 최적해를 출력시킨다. 그리고 단계 2(a)로 간다.

단계 3 :

\bar{c} 를 1개 증가시키고 (즉, $\bar{c} \leftarrow \bar{c} + 1$) 단계 2(a)로 간다.

< 예 제 >

단계 1 :

$$(a) f_2(n, c) \leq 9(\%)$$

$$(b) (n^*, c^*) = (20, 0),$$

$$f_1^*(20, 0) = 19373.311$$

$$f_2^*(20, 0) = 1.171 < 9$$

$\therefore (20, 0)$ 은 가능해

$$(c) (\bar{n}, \bar{c}) = (1, 0)$$

단계 2 :

$$(a) f_2(\bar{n}, \bar{c}) = f_2(1, 0) = 9.067$$

(불가능해)

$$(b) (\bar{n}, \bar{c}) = (1+1, 0) = (2, 0)$$

$$(c) f_2(2, 0) = 8.242 \text{ (가능해)}$$

$$f_1(2, 0) = 3888.114$$

$$< f_1^*(20, 0) = 19373.311$$

$$\therefore (n^*, c^*) = (2, 0), f_1^* = 3888.114$$

단계 3 :

$$(n, c) = (2, 0+1) = (2, 1)$$

단계 2 :

$$(a) f_2(2, 1) = 9.849 > 9 \text{ (불가능해)}$$

$$f_2(3, 1) = 9.558 > 9 \text{ (불가능해)}$$

$$f_2(4, 1) = 9.216 > 9 \text{ (불가능해)}$$

$$f_2(5, 1) = 8.913 > 9 \text{ (가능해)}$$

$$f_1(5, 1) = 2298.860$$

$$< f_1^*(2, 0) = 3888.114$$

$$\therefore (n^*, c^*) = (5, 1), f_1^* = 2298.860$$

이것을 반복하면 결국 그림 2-3에 나타난대로 (16, 3)이 최적해가 되고 f_1^*

$$(16, 3) = 1845.284 \text{가 된다. 또한 } f_2^*$$

$$(16, 3) = 8.956.$$

해법 2 : $f_1(n, c)$ 제약식 일때

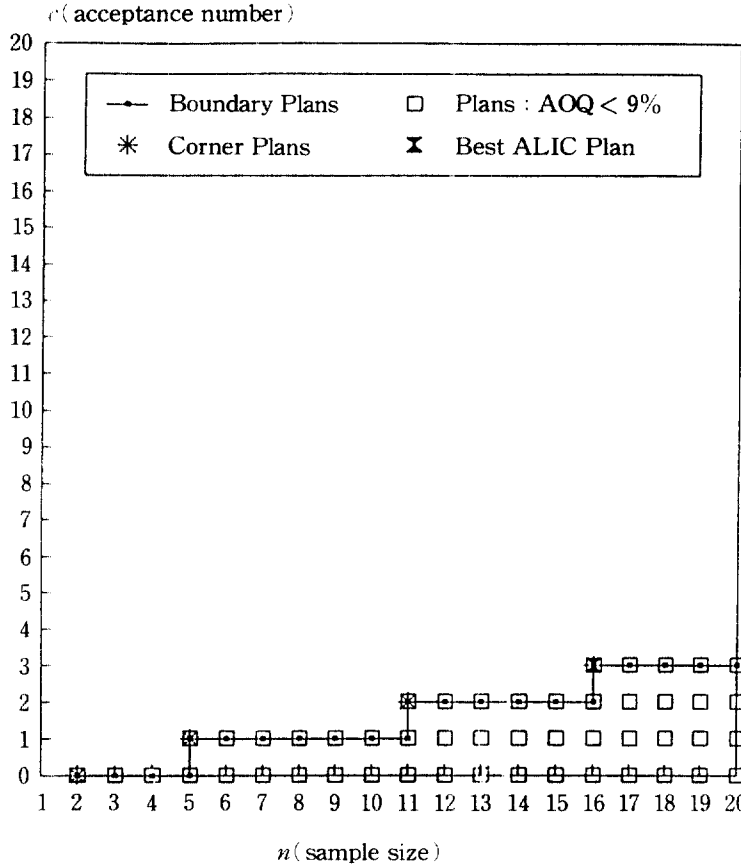
단계 1 :

(a) 초기값 c 를 입력시킨다.

(b) 초기해를 다음과 같이 설정한다.

$$(n^*, c^*) = (1, 1),$$

$$f_2^*(n, c) = f_2(1, 1)$$



< 그림 2-3 > Best plan when $f_2 < 9\%$

만일 초기해가 불가능해이면 (즉, f_1

$(1, 1) > c$) 멈춘다.

(c) $(\bar{n}, \bar{c}) = (1, 0)$

단계 2 :

(a) $f_1(\bar{n}, \bar{c})$ 를 시뮬레이션에서 결정하고, 가능해인지를 확인한다.

(b) 만일 가능해이면 \bar{n} 를 1개 증가시킨다.

(즉, $\bar{n} \leftarrow \bar{n} + 1$)

만일 $\bar{n} > n_{max}$ 이면 멈추고 현재의 출력해를 출력하고, 그렇지 않으면 2(a)

로 간다.

(c) 만일 불가능해이면 $f_2(\bar{n}-1, \bar{c})$ 를 시뮬레이션에서 결정하고 현재의 최적해를 갱신한다.

단계 3(a)로 간다. 최적해를 출력시킨다.

단계 3 :

\bar{c} 를 1개 증가시킨다. 즉, $\bar{c} \leftarrow \bar{c} + 1$

단계 2(a)로 간다.

< 예 제 >

$$(\bar{n}, \bar{c}) = (1+1, 0) = (2, 0)$$

$$(a) f_1(2, 0) = 3888.114$$

단계 1 :

$$> 3000 \text{ (불가능해)}$$

$$(a) f_1(n, c) \leq 3000$$

$$(c) f_2(\bar{n}-1, \bar{c}) = f_2(2-1, 0) = 9.067$$

$$(b) (n^*, c^*) = (1, 1)$$

$$(n^*, c^*) = (1, 0),$$

$$f_1^*(n, c) = f_1^*(1, 0) = 9.985$$

$$f_2^* = 9.067 (\because < 9.985)$$

$$(c) (\bar{n}, \bar{c}) = (1, 0)$$

단계 3 :

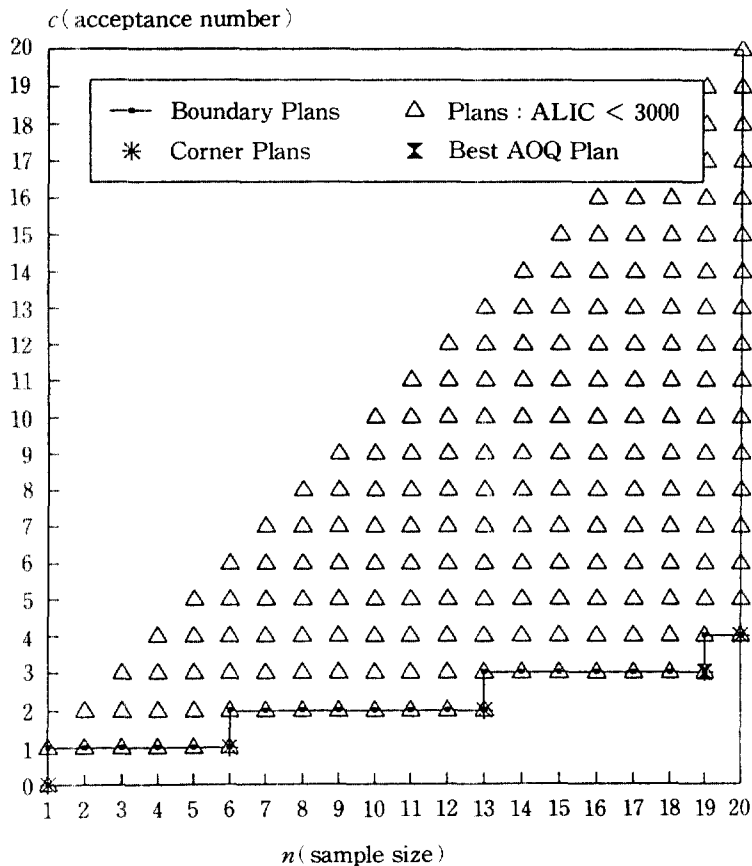
단계 2 :

$$\bar{c} \leftarrow \bar{c} + 1, (\bar{n}, \bar{c}) = (\bar{n}, \bar{c} + 1)$$

$$(a) f_1(1, 0) = 2072 < 3,000 \text{ (가능해)}$$

$$= (2, 0+1) = (2, 1)$$

$$(b) \bar{n} \leftarrow \bar{n} + 1$$



< 그림 2-4 > Best plan when $f_1 < 3000$

단계 2 :

$$(a) f_1(2, 1) = 312.781 (\text{가능해})$$

$$f_1(3, 1) = 947.739 (\text{가능해})$$

$$f_1(4, 1) = 1641.284 (\text{가능해})$$

$$f_1(5, 1) = 2298.860 (\text{가능해})$$

$$f_1(6, 1) = 2893.686 (\text{가능해})$$

$$f_1(7, 1) = 3580.743$$

(불가능해 $\because > 3000$)

$$(c) f_2(n-1, c) = f_2(6, 1) = 8.650$$

$$\therefore (n^*, c^*) = (6, 1),$$

$$f_2^* = 8.650 (\because < 9.067)$$

이것을 반복하면 결국 그림 2-4에 나타난 대로 (19, 3)이 최적해가 되고, 그 샘플링 검사계획에서의 f_1^* 과 f_2^* 의 값은 각각 2961.643과 8.416이 된다.

3. 결 론

산업 환경의 급격한 변화에 대응하여 생산 시스템은 점차 기계화, 자동화되어 가고 있다. 품질관리 분야에서 어떤 새로운 기법의 개발도 중요하지만, 변화하는 생산시스템에 따라 기존의 기법을 그 성질이나 개념, 절차등을 잘 파악하여 관리목적에 부합하도록 기법을 조정하고 응용하는 것은 중요하며 당연한 것이다.

생산공정이 기계화됨에 따라 공정수준이 안정되고, 그 결과 일련의 제품들 간에는 가각순서에 따라 품질 특성이 서로 종속되기 마련이다.

이에 본 연구는 연속 생산시스템에서 생산공정이 종속성을 가지고 있으므로 인해 검사 대상의 일련의 제품들의 품질특성이 Markov 종속 패턴을 나타낼 때, 샘플링 검사의 경제적 모형을 설정하고 이 모형의 최적해를 효과적으로 찾는 방법을 제시하였다.

參 考 文 獻

1. 尹德均(1990), 品質管理시스템, 法經出版社.
2. 黃義徹(1993), 品質經營, 博英社.
3. Ailor, R. H., J. W. Schmidt, and G. K. Bennet, (1975), "*The Design of Economic Acceptance Sampling Plans for a Mixture of Variables and Attributes,*" AIIE Transactions, Vol. 7, 270-278.
4. Bhat, U. N., R. Lal, and M. Karunaratne, (1990), "*A Sequential Inspection Plan for Markov Dependent Production Processes,*" IIE Transactions, Vol. 22, 56-64.
5. Nelson, C. R., (1973), Applied Time Series Analysis, Holden-Day, Inc., San Francisco.
6. Ravindran A., W. S. Shin, J. Arthur, and H. Moskowitz, (1986), "*Nonlinear Integer Goal Programming Models for Acceptance Sampling,*" Computers & Operations Research, Vol. 13, No. 6, 611-622.
7. Rubenstein, R., "*Simulation and Monte Carlo Method,*" John Wiley, New York, 1981.
8. Wetherrill, G. B. and W. K. Chiu, (1975). "*A Review of Acceptance Sampling Schemes with Emphasis on the Economic Aspect,*" Int. Stat. Rev., Vol. 43, No. 2, 191-210.